

7/5/58

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2000 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05132618 **Image available**

EXCHANGE COUPLED FILM AND MAGNETORESISTANCE EFFECTIVE ELEMENT

PUB. NO.: 08-088118 [JP 8088118 A]

PUBLISHED: April 02, 1996 (19960402)

INVENTOR(s): FUKUYA HIROMI
KAMIGUCHI YUZO
HASHIMOTO SUSUMU
FUNAYAMA TOMOKI
IWASAKI HITOSHI
SAHASHI MASASHI
HASEBE HIROYUKI

APPLICANT(s): TOSHIBA CORP [000307] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 06-220714 [JP 94220714]

FILED: September 16, 1994 (19940916)

INTL CLASS: [6] H01F-010/14; G11B-005/39; H01F-010/16; H01L-043/08

JAPIO CLASS: 41.4 (MATERIALS -- Magnetic Materials); 42.2 (ELECTRONICS --
Solid State Components); 42.5 (ELECTRONICS -- Equipment)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain an exchange coupled film having an excellent exchange coupling force and corrosion resistance by a method wherein an antiferromagnetic body film is composition modulated structured.

CONSTITUTION: The switched connection film is provided with antiferromagnetic body films 3, 4 in the composition represented by $M(\text{sub } 100-x)\text{Mn}(\text{sub } x)$ as well as a ferromagnetic body film 2 lamination formed on these antiferromagnetic body films 3, 4 wherein M in the antiferromagnetic body film 3 is at least one kind of element selected from Fe, Co, Pd, Pt while the value of x: $40 < x \leq 60$ near the interface of the ferromagnetic body film 2 side but $20 \leq x \leq 40$ near the opposite side to the interface. Besides, the composition of the antiferromagnetic body film changes within the range of $20 \leq x \leq 80$ through the film thickness direction or the composition of antiferromagnetic body film is continuously changes or the composition of the antiferromagnetic body film changes stepwise. Furthermore, an electrode for current supply to at least the antiferromagnetic body film out of these exchange coupled films is formed on a substrate.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-88118

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/14				
G 1 1 B 5/39				
H 0 1 F 10/16				
H 0 1 L 43/08		Z		

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全7頁)

(21) 出願番号 特願平6-220714

(22) 出願日 平成6年(1994)9月16日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区靱川町72番地

(72) 発明者 福家 ひろみ

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 上口 裕三

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 橋本 進

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

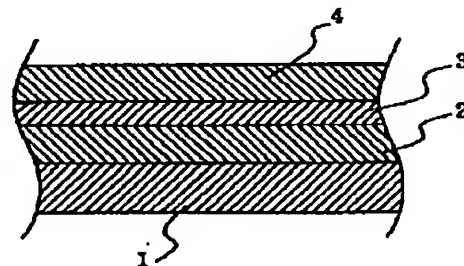
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交換結合膜および磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【目的】 良好な交換結合力を有し、かつ耐食性に優れた反強磁性体膜を備えた交換結合膜およびその交換結合膜を具備してなり、安定した出力を長期間にわたって得ることのできる磁気抵抗効果素子。

【構成】 組成が $M_{100-x}M_nx$ で表される反強磁性体膜と、この反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜とを備え、反強磁性体膜におけるMはFe、Co、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種からなり、xの値は、強磁性体膜側の界面近傍において $40 < x \leq 60$ であり、界面と反対側の面近傍において $20 \leq x \leq 40$ である。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 組成が $M_{100-x}Mn_x$ で表される反強磁性体膜と、この反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜とを備えた交換結合膜であって、

前記反強磁性体膜におけるMはFe、Co、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種からなり、xの値は、前記強磁性体膜側の界面近傍において $40 < x \leq 60$ であり、前記界面と反対側の面近傍において $20 \leq x \leq 40$ であることを特徴とする交換結合膜。

【請求項2】 請求項1記載の交換結合膜において、前記反強磁性体膜の組成が膜厚方向を通して $20 \leq x \leq 80$ の範囲内で変化することを特徴とする交換結合膜。

【請求項3】 請求項1記載の交換結合膜において、前記反強磁性体膜の組成が連続的に変化することを特徴とする交換結合膜。

【請求項4】 請求項1記載の交換結合膜において、前記反強磁性体膜の組成が段階的に変化することを特徴とする交換結合膜。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4記載のいずれか1項記載の交換結合膜と、前記交換結合膜のうち少なくとも強磁性体膜に電流を通電するための電極とが基板上に形成されてなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、反強磁性体膜と強磁性体膜との交換結合を用いた交換結合膜、およびこの交換結合膜を具備してなる磁界検出用センサや再生用磁気ヘッド等の磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】以前より高密度磁気記録における再生用ヘッドとして、磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドの研究が進められている。現在、磁気抵抗効果素子材料としては80 at%Ni-20 at%Fe（通称：パーマロイ）合金薄膜が用いられている。近年、これにかわる材料として、巨大磁気抵抗効果を示す $(Co/Cu)_n$ 等の人工格子膜やスピバルブ膜が注目されている。

【0003】しかし、これらの材料を用いた磁気抵抗効果膜は磁区を持つため、これに起因するバルクハウゼンノイズが実用化の上で大きな問題となっており、磁気抵抗効果膜を単磁区化する方法が種々検討されている。その一つに強磁性体である磁気抵抗効果膜と反強磁性体膜との交換結合を用いて磁気抵抗効果膜の磁区を特定方向に制御する方法があり、ここでの反強磁性体材料としては γ -FeMn合金が従来より広く知られている（たとえば、米国特許第4103315号明細書および米国特許第5014147号明細書）。しかしながら、 γ -FeMn合金は耐食性、とくに水に対する腐食が問題であり、磁気抵抗効果素子としての加工工程における腐食または、大気中の水分による腐食により経時的に磁気抵抗効果膜との交換結合力が劣化するという問題がある。

2

【0004】また、反強磁性体膜としてMnPt、MnRh合金など他の γ -Mn合金を用いた例や酸化物系のNiO等を用いた例なども米国特許第4103315号に開示されている。しかし、これら γ -Mn合金は強磁性体との交換結合力が十分でなく、またNiO等の酸化物系は熱安定性に劣り100℃以上程度の高温度での強磁性体膜との交換結合力が不安定である。さらに、NiOなどの電気抵抗の高い絶縁性酸化物系では、この部分から直接電極を取り出すことができないため素子構造が複雑になるという問題もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、たとえば磁気抵抗効果素子のバルクハウゼンノイズの低減等、強磁性体膜との交換結合を得るために用いられてきた従来の反強磁性体膜は、その耐食性に問題があった。

【0006】本発明は、このような課題に対処するためになされたもので、良好な交換結合力を有し、かつ耐食性に優れた反強磁性体膜を備えた交換結合膜およびその交換結合膜を具備してなり、安定した出力を長期間にわたって得ることのできる磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段および作用】本発明の交換結合膜は、組成が $M_{100-x}Mn_x$ で表される反強磁性体膜と、この反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜とを備え、反強磁性体膜におけるMはFe、Co、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種からなり、xの値は、強磁性体膜側の界面近傍において $40 < x \leq 60$ であり、界面と反対側の面近傍において $20 \leq x \leq 40$ であることを特徴とする。

【0008】本発明の磁気抵抗効果素子は、上述の交換結合膜と、この交換結合膜のうち少なくとも強磁性体膜に電流を通電するための電極とが基板上に形成されてなることを特徴とする。

【0009】以下、本発明を詳細に説明する。まず、本発明の交換結合膜における反強磁性体膜はその組成が $M_{100-x}Mn_x$ （MはFe、Co、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種）からなるものであり、これらFe、Co、Ni、PdまたはPtをMとして用いたMn合金は一概に大きな交換結合力を有している。ここで、xの値は、強磁性体膜側の界面近傍において $40 < x \leq 60$ であり、界面と反対側の面近傍において $20 \leq x \leq 40$ である。なお、本発明においてxの数値は原子%を表し、近傍とは、たとえば界面より2nm以内の範囲をいう。このように、界面近傍とその反対側の面近傍において上述の範囲内で反強磁性体膜の組成を変えることにより、優れた交換結合力を維持しつつ耐食性を向上させることができる。強磁性体膜側の界面近傍における好ましい組成はMとMnの組成比が1対1である。この組成は、交換結合力、ブロッキング温度の点でとくに好ま

しい。

【0010】また、本発明の交換結合膜では、反強磁性体膜の膜厚方向中央部近傍については、その組成はとくに限定されない。しかしながら、反強磁性体膜の組成が膜厚方向に亘って、 $20 \leq x \leq 80$ の範囲内に設定されることが好ましい。何となれば、 $80 < x$ の組成ではMn量が多すぎて耐食性が低下し、また $x < 20$ の組成ではネール温度が室温以下となって交換結合が得られなくなるおそれがあるからである。さらに好ましくは、上述の範囲内で強磁性体膜との積層界面から遠ざかるに従いMn量が減少する組成変調型反強磁性体膜である。また、この組成変調形態であるが、連続的な組成変化はもちろん好ましいが、ステップ形態の組成変化、すなわち、組成の互いに異なる膜の積層膜でもよい。連続的な組成変化は、組成を段階的に変化させた多層膜を形成してアニール処理をすることにより、または、多元同時成膜等により形成することができる。ただし、本発明の交換結合が反強磁性体膜の膜厚方向中央部近傍で最大あるいは最小となるような組成変調形態であってもよく、要は強磁性体との界面近傍およびその界面と反対側の面において上述の範囲にあれば、良好な耐食性、交換結合力を発揮することができる。本発明の交換結合膜に係わる強磁性体膜とは強磁性を発現する膜であり、とくに限定されないが、磁気抵抗効果素子に用いる場合、飽和磁界の小さいパーマロイ等の磁気抵抗効果素子や、巨大磁気抵抗効果を示すたとえばFe、Ni、Coの強磁性金属、これらの合金である $\text{Fe}_{100-a}\text{Ni}_{100-a}$ 、 $\text{Fe}_{100-a}\text{Co}_{100-a}$ 、 $\text{Fe}_{100-a}\text{Co}_n\text{Ni}_{100-a-n}$ （ n 、 n の数値は原子%を表す。）ならびにこれらの強磁性金属合金に磁気特性の向上を目的として第3元素や第4元素を添加した合金と非磁性金属合金からなる人工格子やスピンバルブ膜、グラニュー磁性合金膜等があげられる。

【0011】とくに、 $\text{Fe}_{100-a}\text{Co}_{100-a}$ 、 $\text{Fe}_{100-a}\text{Co}_n\text{Ni}_{100-a-n}$ 、 $\text{Fe}_{100-a}\text{Co}_n\text{Pd}_{100-a-n}$ などのCo系強磁性体膜は、交換結合が消失する温度であるブロッキング温度をより高めることができるので好ましい。ブロッキング温度が高いと、素子構造に形成する際に熱サイクルを伴うプロセスにおいて交換結合力の劣化を防ぐという点において効果がある。

【0012】本発明に係わる強磁性体膜と反強磁性体膜は少なくともその一部が積層形成されて、交換結合していればよい。

【0013】本発明の交換結合膜に係わる組成変調型の反強磁性体膜は、格子整合や耐食性向上の目的から、添加元素としてCuを添加することが好ましい。すなわち組成が $(\text{MMn})_{100-y}\text{Cu}_y$ （ $0 < y \leq 50$ ）となる反強磁性体膜とすることにより格子整合や耐食性がより向上する。ここでMはFe、Co、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種を表し、MMn単独における各成分の組成は上述のように $\text{M}_{100-x}\text{Mn}_x$ と表した場

合、 $20 \leq x \leq 80$ の組成範囲が好ましい。なお、 y の数値は原子%を表す。ここで、Cuは界面から表面まで一定の添加量でもよく、濃度変調していてもよい。また、たとえば、交換結合力の維持、耐食性向上の観点から界面近傍の反対側の表面近傍のみに添加されてもよい。この $(\text{MMn})_{100-y}\text{Cu}_y$ の組成において、 $50 < y$ ではCu量が多すぎて十分な交換結合が得られなくなる。十分な交換結合を得るための好ましい範囲は $0 < y \leq 20$ である。なお、本発明の交換結合膜に係わる組成変調型の反強磁性体膜は、 $(\text{MMn})_{100-y}\text{Cu}_y$ （ $0 < y \leq 50$ ）の組成においてCu量のみを変化させた組成変調型とすることもできる。

【0014】本発明の交換結合膜に係わる反強磁性体膜の膜厚は、反強磁性を発現する範囲であればとくに限定されない。しかし、大きな交換結合力を得るためには、反強磁性体膜の膜厚が強磁性体膜の膜厚よりも厚いことが望ましい。さらに、強磁性体との積層界面近傍の組成である $\text{M}_{100-x}\text{Mn}_x$ （ $40 \leq x \leq 60$ ）反強磁性体膜が、15nm以下の膜厚を有することが好ましい。

【0015】本発明の交換結合膜は、蒸着法、スパッタ法、MBE法など公知の成膜方法を用いてたとえば基板上に形成される。このとき反強磁性体膜に一方向異方性を付与するために、磁界中で成膜、熱処理を行ってもよい。

【0016】また、基板としては、ガラス、樹脂などの非晶質基板や、Si、MgO、 Al_2O_3 、各種フェライトなどの単結晶基板、配向基板、焼結基板などとくに限定されず、さらに反強磁性体膜や強磁性体膜の結晶性を向上させるために、基板上に1~100nmの厚さの下地層を設けてもよい。下地層は結晶性を向上させるものであればとくに限定されないが、たとえば、PdやPtなどの貴金属やCoZrNbなどの非結晶金属、また面心立方構造を持つ金属、合金等を用いることができる。

【0017】さらにこのような本発明の交換結合膜に対し、少なくとも強磁性体膜に電流を通電するための電極をたとえばCu、Ag、Au、Alやこれらの合金で形成すれば、本発明の磁気抵抗効果素子を容易に得ることができる。ここで電極は強磁性体膜に直接接触する形態でも、反強磁性体膜を介する形態でもよい。

【0018】このように本発明の交換結合膜は、磁界検出用センサー、再生用磁気ヘッドなどの磁気抵抗効果素子を用いた種々のデバイスに応用できる。

【0019】なお、本発明の磁気抵抗効果素子において、反強磁性体膜と強磁性体膜との交換結合力は強磁性体膜におけるバルクハウゼンノイズ除去に限らず、人工格子膜やスピンバルブ膜に対する磁化固着などに供することもできる。

【0020】

【実施例】つぎに図面を用いて本発明を説明する。

実施例1

RFマグネトロンスパッタ装置を用いて反強磁性体膜と強磁性体膜とからなる本発明の交換結合膜を作製した。交換結合膜の断面図を図1に示す。具体的には、サファイアC面1上に、組成がCoFePdで表される強磁性体膜2を5nmの厚さに、組成がFe₅₀Mn₅₀(50at%Fe-50at%Mn)で表される反強磁性体膜3を10nmの厚さに、さらにその上に組成がFe₆₅Mn₃₅で表される反強磁性体膜4を5nmの厚さにそれぞれ磁界中で成膜した。このとき基板の加熱はとくに行わなかった。得られた交換結合膜について、X線回折で結晶構造とその配向方位を調べたところ、結晶構造が面心立方構造で、(111)配向した膜であることが確認された。

【0021】この膜を純水中に1時間放置して腐食ビット発生状況を調べた。その結果を図2に示す。図2より本実施例の交換結合膜は、腐食ビット発生確率が大幅に小さくほとんど腐食ビットは見受けられなかった。比較例1として実施例1と同様に作製した15nm厚さのFe₅₀Mn₅₀のみを反強磁性体膜とする交換結合膜についても、同じように純水中に1時間放置した結果を図2に示す。図2に示すように腐食ビット発生確率は大幅に大きかった。なお、図3に光学顕微鏡観察した腐食ビット発生状況を示す。図3(a)が本実施例、図3(b)が比較例1の結果である。腐食ビットは図の中で黒点で示した。このように、組成を変化させたFeMn膜を積層膜とすることによりFeMn膜の耐食性が大幅に改善されていることがわかる。

【0022】実施例2

実施例1と同様の方法で交換結合膜を作製した。ここで作製した交換結合膜の磁化容易軸方向a(成膜時の磁界方向)と磁化困難軸方向bの磁化曲線を図4に示す。このとき、図4のcの値が交換バイアス磁界(H_{ua})となる。本発明の交換結合膜において、Fe₅₀Mn₅₀のみを反強磁性体膜とする交換結合膜と同等の交換結合バイアス磁界が得られた。

【0023】実施例3

実施例1と同様の方法で、強磁性体膜として膜厚5nmのCoFePdを、反強磁性体膜として膜厚が10nmのNi₅₀Mn₅₀および5nmのNi₆₅Mn₃₅を、それぞれ磁界中成膜磁界中熱処理して交換結合膜を作製した。

【0024】得られた交換結合膜を純水中に1時間放置した結果、腐食ビットは殆ど見受けられなかった。比較例2として実施例1と同様に作製した15nm厚さのNi₅₀Mn₅₀のみを反強磁性体膜とする交換結合膜についても、同じように純水中に1時間放置したが多くの腐食ビットが発生していた。腐食ビット発生確率を図2に示す。このように、組成を変化させたNiMn膜を積層膜とすることによりNiMn膜の耐食性が大幅に改善されていることがわかる。

【0025】実施例4から実施例9

実施例1と同様の方法で、表1に示す強磁性体膜および反強磁性体膜を成膜して交換結合膜を作製した。なお、実施例7は多元同時成膜により連続的な組成変化となるように反強磁性体膜を形成したものであり、表1に示す膜厚は強磁性体膜との界面からの距離を示し、組成はその距離での組成を示している。

【0026】得られた交換結合膜を純水中に1時間放置した結果、腐食ビットは殆ど見受けられなかった。また、界面近傍の反強磁性体膜のみを使用する交換結合膜についても比較例3から比較例6として実施例1と同様に作製し、同じように純水中に1時間放置したが多くの腐食ビットが発生していた。腐食ビット発生確率を図2に示す。なお、実施例4と比較例3とが、実施例5と比較例4とが、実施例6と比較例5とが、実施例7と比較例6とがそれぞれ対応する。このように、反強磁性体膜の組成を変化させた積層膜とすることにより膜の耐食性が大幅に改善されていることがわかる。

【0027】

【表1】

7			8					
項目 実施例			4	5	6	7	8	9
反強磁性	3層目	組成	—	—	—	Fe ₇₀ Mn ₃₀	—	—
		膜厚	—	—	—	12nm	—	—
強磁性	2層目	組成	Fe ₆₀ Mn ₄₀	Co ₄₀ Mn ₆₀	Ni ₄₅ Mn ₅₅	Fe ₅₀ Mn ₅₀	Pd ₇₀ Mn ₃₀	Pt ₇₀ Mn ₃₀
		膜厚	3nm	2nm	3nm	10nm	2nm	3nm
強磁性	1層目	組成	Fe ₄₀ Mn ₆₀	Co ₅₅ Mn ₄₅	Fe ₅₀ Mn ₅₀	Fe ₄₀ Mn ₆₀	Pd ₅₀ Mn ₅₀	Pt ₄₅ Mn ₅₅
		膜厚	10nm	10nm	10nm	5nm	10nm	10nm
強磁性	組成		Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₈₁ Fe ₉ Pd ₁₀				
	膜厚		5nm	5nm				

注) ①強磁性体膜/反強磁性体膜1層目/反強磁性体膜2層目/反強磁性体膜3層目の順に積層する。

②実施例7における膜厚は、強磁性体膜との界面からの距離を示す。

実施例10

実施例1と同様の方法で、強磁性体膜として膜厚 5nmの CoFePd を、反強磁性体膜として膜厚が 10nm の $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ および 5nmの $\text{Fe}_{63.7}\text{Mn}_{34.3}\text{Cu}_2$ を、それぞれ成膜して交換結合膜を作製した。得られた交換結合膜について、X線回折で結晶構造とその配向方位を調べたところ、結晶構造が面心立方構造で、(111)配向した膜であることが確認された。

【0028】この膜を純水中に放置して腐食ビット発生状況を調べた。1時間放置した後の光学顕微鏡観察した結果、腐食ビットの発生は殆ど見られなかった。また18時間放置した結果、比較例1の交換結合膜は膜がほぼ完全に腐食して剥がれ落ちていたのに対して、本実施例の交換結合膜は、腐食は進行していたが膜は一部を除いて基板上に残っていた。このようにCuを添加することによりFeMn膜の耐食性が大幅に改善された。

【0029】実施例11

実施例8と同様の方法で、強磁性体膜として膜厚 5nmの CoFePd を、反強磁性体膜として膜厚が 10nm の $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ および 5nmの $(\text{Fe}_{0.65}\text{Mn}_{0.35})_{100-y}\text{Cu}_y$ ($y=0,1,2,5,10,15$) を、それぞれ成膜して交換結合膜を作製した。得られた交換結合膜を同一の純水中に3時間放置して光学顕微鏡により腐食ビット発生確率を調べた。その結果を図5に示す。図5より1at%のCu量の添加であっても耐食性は大幅に改善された。また放置後の交換バイアス磁界(Hua)も初期値に比較して90%以上を示した。

【0030】実施例12

*実施例1で十分な交換バイアス磁界および耐食性が得られた反強磁性体膜と強磁性体膜との交換結合膜を用いて本発明の磁気抵抗効果素子を作製した。その磁気抵抗効果素子の断面図を図6に示す。基板5には熱酸化されたSiウェハ、強磁性体膜6、7には膜厚がそれぞれ5nmと3nmの CoFePd を、反強磁性体膜8には膜厚が10nmの $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ および5nmの $\text{Fe}_{65}\text{Mn}_{35}$ を、非磁性体膜9には膜厚3nmのCuをそれぞれ用いた。また、高抵抗軟磁性体膜10として CoZrNb 膜を10nm成膜した。さらに、電極11には、20μmのCuを用い、ハード膜12には4nmの CoPt 膜を用いた。6、7、8、9、12の膜については磁界中で成膜を行い、さらに磁界中で熱処理を行うことにより、反強磁性体膜8に一方異方性を付与し、強磁性体膜7の磁化を固着した。また、高抵抗軟磁性体膜9も磁界中で成膜し、一軸異方性を付与しさらに、ハード膜12を着磁することにより、よりその高抵抗軟磁性体膜の一軸性を強めている。その後、通常の半導体プロセスを用いて素子の加工を行い磁気抵抗効果素子を得た。

【0031】得られた磁気抵抗効果素子に外部から磁界を印加して、その磁界応答性を調べたところ、まったく同様の磁気抵抗効果素子と同程度の安定した出力が得られ、なおかつ磁壁移動に伴うバルクハウゼンノイズの発生も見受けられなかった。また、素子として得られる生産歩留まりも向上した。

【0032】実施例13

反強磁性体膜として膜厚が10nmの $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ および5nmの $\text{Fe}_{63.7}\text{Mn}_{34.3}\text{Cu}_2$ からなる積層膜を使用す

る以外は、実施例11と同様の方法で本発明の磁気抵抗効果素子を作製した。

【0033】得られた磁気抵抗効果素子に外部から磁界を印加して、その磁界応答性を調べたところ、実施例11の磁気抵抗効果素子と同程度の安定した出力が得られ、なおかつ磁壁移動に伴うバルクハウゼンノイズの発生も見受けられなかった。また、素子として得られる生産歩留まりも向上した。

【0034】

【発明の効果】以上、詳述したように本発明の交換結合膜は、反強磁性体膜を組成変調構造とすることにより、良好な交換結合力を有し、かつ耐食性にも優れ、このような交換結合膜を具備してなる本発明の磁気抵抗効果素子は、安定した出力を長期間にわたって得ることができ、その工業的価値は大なるものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に係わる交換結合膜の断面図である。

【図2】純水中に1時間放置された交換結合膜の腐食ビット発生確率を示す図である。

【図3】光学顕微鏡観察した腐食ビット発生状況を示す図である。

【図4】交換結合膜の磁化容易軸方向aと磁化困難軸方向bの磁化曲線を示す図である。

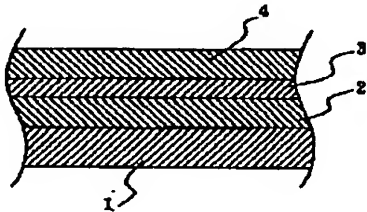
【図5】Cu量と腐食ビット発生確率を示す図である。

【図6】本発明の磁気抵抗効果素子の断面図である。

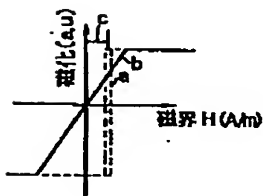
【符号の説明】

1………サファイアC面、2、6、7………強磁性体膜、3、4、8………反強磁性体膜、5………基板、9………非磁性体膜、10………高抵抗軟磁性体膜、11………電極、12………ハード膜。

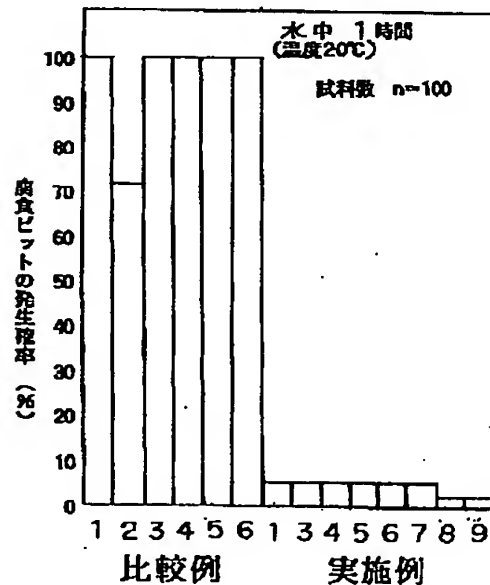
【図1】



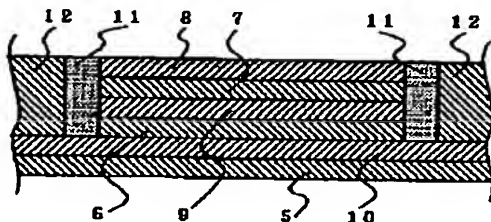
【図4】



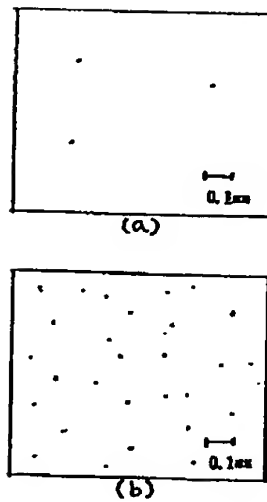
【図2】



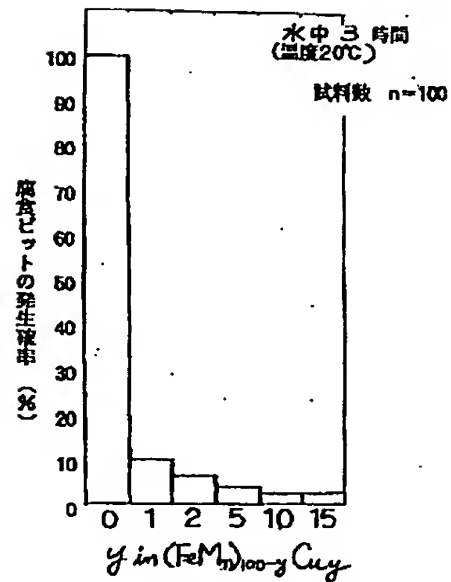
【図6】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 船山 知己
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 岩崎 仁志
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 佐橋 政司
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 長谷部 裕之
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内